

Salvaguardias en los reactores refrigerados por agua ligera (LWR): Prácticas actuales, direcciones futuras

Se ensayan métodos de verificación avanzados para los LWR como parte de los esfuerzos que realiza el OIEA por aplicar salvaguardias más eficaces y eficientes

por Neil Harms
y Perpetua
Rodríguez

Las medidas de salvaguardias que se aplican en los reactores refrigerados por agua ligera (LWR), tipo de reactor nuclear de potencia más utilizado en la actualidad para generar electricidad, están bien establecidas. Hoy día, en los Estados no poseedores de armas nucleares, más de 220 LWR y otros tipos de reactores de potencia están sometidos a las salvaguardias del OIEA.*

El presente artículo aborda las actuales prácticas de salvaguardias del Organismo en los LWR, así como las medidas de salvaguardias en proceso de examen y formulación, que trascienden el alcance de las prácticas de hoy.

¿Por qué el OIEA aplica salvaguardias en las centrales nucleares? ¿Qué amenaza constituyen estas instalaciones para la proliferación nuclear? Para poder responder a estos interrogantes es importante analizar el tipo de materiales nucleares que hay en las centrales. Excluido, por el momento, el uso de combustibles de mezcla de óxidos (MOX) de uranio-plutonio, los LWR utilizan uranio poco enriquecido (UPE), material dentro de la categoría de "uso indirecto" desde el punto de vista de su posible utilización en la fabricación de armas nucleares. Después que estos materiales nucleares se cargan como combustible en el núcleo del reactor, los combustibles gastados pasan a la categoría de material de "uso directo". El plutonio contenido en el combustible gastado, así como los combustibles de MOX sin irradiar, constituyen material estratégico desde el punto de vista de las salvaguardias. Este es uno de los factores determinantes que influyen en el enfoque de salvaguardias y en la meta de inspección de una instalación.

La aplicación de salvaguardias en estas instalaciones está incluida en los acuerdos concertados entre un Estado, o varios Estados, y el OIEA. Para cumplir sus obligaciones con arreglo a estos acuerdos, el OIEA lleva a cabo actividades de verificación, a fin de formarse su propio juicio en relación con las salvaguardias. En el caso de los acuerdos

concertados en virtud del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), en el Artículo 28 del INFCIRC/153 se define que los objetivos técnicos de las salvaguardias son "descubrir prontamente la desviación de cantidades importantes de materiales nucleares de actividades nucleares pacíficas hacia la fabricación de armas nucleares o de otros dispositivos nucleares explosivos o con fines desconocidos, y disuadir de tal desviación ante el riesgo de su pronto descubrimiento". Los acuerdos de salvaguardias no concertados en virtud del TNP se rigen por las directrices contenidas en el documento INFCIRC/66 Rev. 2, que estipula que las salvaguardias se apliquen a materiales, instalaciones y equipo nucleares, así como a material no nuclear y a determinada información tecnológica. La forma en que el OIEA concibe y planifica las actividades de salvaguardias en estas instalaciones se conoce como "enfoque de salvaguardias".

El enfoque de salvaguardias clásico

El enfoque de salvaguardias se basa en el análisis de todas las vías de desviación técnicamente posibles en una instalación y en los requisitos del acuerdo de salvaguardias de que se trate. El enfoque también se concibió para contrarrestar la posible producción no declarada de material de uso directo, y está relacionado con el sistema de contabilidad de materiales nucleares, la contención, la vigilancia y otras medidas seleccionadas para la aplicación de salvaguardias. También se tienen en cuenta aspectos como: i) los métodos y las técnicas de medición de que dispone el Organismo; ii) las características de diseño de la instalación; iii) la forma y accesibilidad del material nuclear; iv) la posible existencia de actividades nucleares no sometidas a salvaguardias; y v) la experiencia en materia de inspección.

* Hasta enero de 1996, existían 226 reactores de potencia sometidos a salvaguardias del OIEA en Estados no poseedores de armas nucleares. En todo el mundo existían 437 centrales nucleares; la diferencia se explica por los reactores de potencia de los Estados poseedores de armas nucleares no sometidos a salvaguardias del Organismo.

El Sr. Harms y la Sra. Rodríguez son funcionarios de la División de Operaciones (B) del Departamento de Salvaguardias del OIEA.

La meta de inspección

La meta de inspección de una instalación consta de un componente de cantidad y un componente de oportunidad. (Véase el cuadro.) El componente de cantidad se refiere al alcance de las actividades de inspección que son necesarias para tener la garantía de que no se ha desviado ninguna cantidad significativa (CS) de material nuclear durante un período de balance de materiales (MBP). Por otra parte, el componente de oportunidad se refiere a las actividades de inspección periódicas que son necesarias para asegurar que no se ha producido una repentina desviación. La meta de inspección de cada instalación se considera cumplida cuando se satisfacen todos los criterios relativos a los tipos y las categorías de materiales presentes en la instalación. En sus actividades de aplicación de las salvaguardias, el Organismo se esfuerza por alcanzar plenamente los dos componentes de la meta de inspección.

Aplicación actual de las salvaguardias

¿Cómo se aplican las salvaguardias del OIEA en la actualidad? La aplicación de las salvaguardias del Organismo se rige fundamentalmente por el Estatuto del Organismo y por los acuerdos de salvaguardias. En el párrafo 2 del INFCIRC/153, modelo de acuerdo de salvaguardias, se estipula más concretamente que las salvaguardias se aplicarán "...a efectos únicamente de verificar que dichos materiales no se desvían hacia armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos...". En el caso de los LWR, el enfoque de salvaguardias tiene en cuenta dos instrumentos básicos para alcanzar las metas de inspección:

Contabilidad por partidas. Comprende el conteo e identificación de partidas, las mediciones no destructivas y el examen para verificar la integridad permanente de las partidas.

Medidas de contención y vigilancia (C/V). Complementan los métodos de verificación contable para la salvaguardia del combustible gastado. Como, por lo general, los núcleos de los LWR no se abren más de una vez al año, a menudo es posible precintar la tapa de la vasija de presión del reactor.

La instalación de un sistema de vigilancia de la zona donde se almacena el combustible gastado permite al Organismo detectar los movimientos no declarados de material nuclear, y la posible manipulación indebida de los dispositivos de contención y/o salvaguardias del OIEA.

En resumen, para lograr las metas de inspección del OIEA se llevan a cabo las siguientes actividades:

● **Comprobación de los registros contables y su comparación con la información presentada al Organismo;**

● **Examen de los registros de operaciones y conciliación con los registros contables;**

● **Verificación del combustible sin irradiar antes de la carga del núcleo.** Para detectar la posible desviación de combustible sin irradiar, la verificación se lleva a cabo mediante el conteo de partidas, la identificación de números de serie y el análisis no destructivo (AND). En el caso de las instalaciones que utilizan combustible MOX sin irradiar, la verificación se realiza mensualmente mediante el conteo de partidas, la identificación de números de serie y la verificación del precinto suponiendo que el combustible provenga de una instalación sometida a salvaguardias del OIEA. Sin embargo, cuando el combustible MOX sin irradiar se recibe de instalaciones no sometidas a salvaguardias, se efectúan más mediciones de AND y el combustible se mantiene precintado, en caso de almacenamiento en seco, o bajo vigilancia, en caso de almacenamiento en húmedo. La verificación del precinto y/o la evaluación de la vigilancia también se efectúa mensualmente, además de aplicar los métodos usuales de verificación contable.

● **Verificación del combustible en el núcleo.** El combustible se verifica mediante el conteo de partidas y la identificación de números de serie, después de la recarga de combustible y antes de cerrar la vasija del reactor. En el caso de instalaciones que utilizan combustible MOX sin irradiar en el núcleo, la carga se mantiene bajo vigilancia humana o subcuática. Inmediatamente después de la verificación, se aplican las medidas de C/V a fin de asegurar que el núcleo del reactor se mantiene inalterado.

● **Verificación de la piscina de combustible gastado.** El combustible gastado se verifica después de precintar la compuerta del canal de transferencia o al cerrar el núcleo del reactor. Además de evaluar las medidas de C/V aplicadas, el combustible gastado se verifica mediante la observación y evaluación del brillo de Cerenkov utilizando técnicas de AND.

Cantidades significativas de materiales nucleares y metas de oportunidad

Categoría	Tipo	Cantidades significativas	Metas de oportunidad
Material de uso directo	Plutonio*	8 kg de plutonio	1 mes
	Uranio muy enriquecido	25 kg de uranio 235	1 mes (sin irradiar) 3 meses (gastado)
	Plutonio en combustible gastado	8 kg de plutonio	3 meses
Material de uso indirecto	Uranio 233	8 kg de uranio 233	1 mes
	Uranio poco enriquecido**	75 kg de uranio 235	12 meses
	Torio	20 t de torio	12 meses

*En el caso de plutonio con menos del 80% de plutonio 238.

**Con menos del 20% de uranio 235; incluye uranio natural y empobrecido.

Cada año, el OIEA publica el Informe sobre la aplicación de las salvaguardias, que contiene las principales conclusiones de estas actividades, señala a la atención las deficiencias, y recomienda medidas correctivas. Entre los problemas observados están las actividades de vigilancia inconclusas, la falta de equipo apropiado, la aplicación incompleta de medidas de salvaguardias, las dificultades en la verificación de algunos materiales nucleares, las restricciones a la programación de las inspecciones, la designación de inspectores, y algunos otros problemas administrativos que repercuten indirectamente en la consecución de la meta del OIEA.

Sobre la base de la experiencia adquirida con estos problemas, las medidas que se han recomendado para reducirlos al mínimo han permitido mejorar de manera significativa la aplicación de las salvaguardias. En países de la Unión Europea se ha concertado un acuerdo entre el Organismo y EURATOM para trabajar en actividades de cooperación (conocido como Nuevo enfoque de cooperación) que ha permitido reducir las actividades de inspección e introducir nuevos sistemas de vigilancia. El equipo ha sido mejorado para que pueda utilizarse de manera eficaz en las difíciles condiciones de las instalaciones donde el equipo tradicional no ha permitido llegar a resultados concluyentes. La cooperación de los explotadores en algunas instalaciones también ha contribuido a mejorar aún más el enfoque de salvaguardias.

El Programa 93 + 2 y las direcciones futuras

Los últimos acontecimientos han demostrado la necesidad de que el sistema de salvaguardias del OIEA ofrezca garantías dignas de crédito, no sólo respecto de las actividades nucleares declaradas, sino también respecto de la ausencia de actividades nucleares no declaradas. El sistema basado en la contabilidad de los materiales ha demostrado que puede aplicarse con confianza para tener garantías de la utilización con fines pacíficos del material y las instalaciones declarados. Sin embargo, es posible fortalecer el sistema y hacerlo más eficiente con la adopción de nuevas medidas, en especial, incrementando la capacidad del Organismo para detectar las actividades no declaradas en Estados que han suscrito acuerdos de salvaguardias amplias. Se ha destacado la necesidad de aplicar medidas de fortalecimiento que rebasarían el alcance de los acuerdos de salvaguardias existentes, lo que ha dado origen al llamado "Programa 93+2", cuyo objetivo es ofrecer el enfoque general más eficaz posible para fortalecer las salvaguardias y, al mismo tiempo, reducir la frecuencia de algunas otras medidas, con la consiguiente disminución de los costos.

Sistemas de vigilancia a distancia. Como medida encaminada al logro de los objetivos del OIEA de reducir los costos de inspección en los LWR, de aumentar la eficiencia y mejorar la eficacia de las

salvaguardias, se ha iniciado un ensayo *in situ* que utiliza un sistema de vigilancia a distancia (SUD) en una instalación de almacenamiento semiestático en el marco de un esfuerzo conjunto emprendido por Suiza y el Organismo. El SUD, en fase de prueba, emplea un método completamente digital que facilita la manipulación de imágenes y datos (por ejemplo, información sobre los precintos del Organismo), así como su transmisión, tratamiento y almacenamiento. El sistema de comunicación es independiente del sistema de vigilancia. El equipo cuenta con bastante capacidad de almacenamiento de datos y potencia de baterías, lo que permite al sistema recopilar imágenes y datos en caso de desconexión de la red y/o interrupción del suministro de energía en la instalación. Para poder observar el comportamiento y las fallas del equipo, se suministran los datos del "estado de salud" en relación con el funcionamiento del sistema y su entorno. El sistema ofrece información en tiempo casi real, en dependencia de la estructura de obtención de imágenes y datos. Se espera que la utilización del SUD en una instalación LWR lleve aparejada la reducción del número de inspecciones interinas, ya sean anunciadas o no anunciadas. Una inspección no anunciada significaría que el Estado y el explotador serían informados de la intención del Organismo de efectuar esa inspección solo cuando el inspector del OIEA llegue a la entrada de la instalación.

En el supuesto de que se utilizara una tecnología avanzada, por ejemplo, un SUD en una instalación LWR, ¿cuál sería su repercusión en la forma en que actualmente se aplican las salvaguardias? En los LWR donde se realizan de tres a cuatro inspecciones interinas trimestrales al año, el número de inspecciones se podría reducir probablemente a una inspección no anunciada, además de la verificación del inventario físico. En los LWR con combustible MOX sin irradiar, las inspecciones provisionales mensuales que ahora se realizan anualmente, podrían reducirse posiblemente a dos o cuatro inspecciones no anunciadas. El resultado del efecto sinérgico de combinar inspecciones ordinarias, inspecciones no anunciadas que proporcionan amplio acceso a lugares identificados en la Declaración ampliada, una mayor cooperación con los Sistemas nacionales de contabilidad y control (SNCC), tecnología de C/V avanzada, y declaraciones más frecuentes de los explotadores de las instalaciones sobre determinados datos de explotación y de transferencia de material nuclear, serían mayores garantías de la utilización de las instalaciones con fines exclusivamente pacíficos y de la ausencia de actividades no declaradas.

Al analizar otro enfoque de salvaguardias, resulta útil incluir las opiniones de las partes directamente afectadas por las salvaguardias del OIEA en los LWR, es decir, los explotadores de las instalaciones y el SNCC del Estado de que se trate.

Todas las inspecciones de salvaguardias del OIEA se consideran como "interrupciones" de las

actividades ordinarias del explotador de la instalación nuclear. ¿Que piensan los explotadores de una instalación de las inspecciones de salvaguardias durante una parada por recarga de combustible, cuando su tiempo está muy ocupado con las actividades de mantenimiento y parada? ¿Qué tiempo se requiere para realizar una inspección ordinaria normal de salvaguardias? Cabría tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La reducción del número de inspecciones del OIEA, en especial durante las paradas por recarga de combustible y mantenimiento;
- En el caso de los LWR que reciben combustible MOX sin irradiar, la posibilidad de coordinar las actividades de verificación del OIEA con otras funciones de reglamentación del Estado (remitente) a fin de minimizar la manipulación y reducir la exposición del personal a las radiaciones;
- La aplicación de mejores sistemas de observación y vigilancia automáticos para reducir la frecuencia y los costos de las inspecciones, y a la vez, mantener y mejorar la eficacia de las salvaguardias; estos sistemas pueden transmitir la información directamente al Organismo para su análisis en tiempo casi real;
- El incremento del uso por los inspectores del OIEA de registros del explotador computadorizados, para facilitar la comprobación de forma oportuna y eficiente;
- La concertación de un acuerdo práctico de trabajo entre el SNCC y la División de Operaciones pertinente del OIEA, para utilizar un número factible de inspectores designados que estén familiarizados con el diseño y los procedimientos específicos de la central. El objetivo es evitar que en cada oportunidad se envíen nuevos inspectores. Si al inicio del año civil se determinara un "núcleo" de inspectores designados, que con toda probabilidad serían los que efectuarían las inspecciones, el SNCC podría adoptar las medidas necesarias para facilitar los requisitos administrativos de los explotadores en relación con la protección y la seguridad radiológica y simplificar los procedimientos burocráticos con que, a veces, se tropieza durante las inspecciones. Sin embargo, es posible que se necesite una mayor libertad en la programación de las inspecciones, o más inspectores;
- Las inspecciones del OIEA deberán programarse para el turno diurno (por ejemplo, de las 08.00 horas a las 18.00 horas) con el objetivo de garantizar la disponibilidad del personal de la instalación familiarizado con las salvaguardias del OIEA. Podrá haber excepciones inevitables como, por ejemplo, actividades de recarga de combustible con carga de combustible MOX sin irradiar en el núcleo. Asimismo, es importante que el personal del turno esté informado de las necesidades de equipo del OIEA, por ejemplo, mantener una iluminación adecuada en las zonas donde se instale el equipo de vigilancia del Organismo, o de las medidas que deberán tomarse en caso de romperse un precinto del OIEA.

Para aumentar la cooperación

El enfoque de salvaguardias clásico se aplica a la mayoría de los LWR sometidos actualmente a las salvaguardias del OIEA en todo el mundo. Este enfoque aplica una combinación de inspecciones ordinarias interinas y de verificación del inventario físico. Incorpora la contabilidad por partidas del material nuclear, la contención y la vigilancia y otras medidas necesarias para crear la confianza sobre la inexistencia de actividades nucleares no sometidas a las salvaguardias.

Como parte de los esfuerzos del OIEA por establecer un mejor enfoque de salvaguardias para los reactores refrigerados por agua ligera, el Organismo estudia la posibilidad de establecer, en virtud del mandato del Programa 93+2, una red de sistemas de vigilancia automática en tiempo casi real en los LWR seleccionados de un Estado. La información procedente de esa red se complementaría con las inspecciones del Organismo, que tendrían frecuencias algo reducidas, y que probablemente no se anunciarían previamente. También cabría esperar que el inspector, durante sus inspecciones espaciadas, necesitaría mayor acceso al emplazamiento de la central. La reducción de los costos resultante de este nuevo enfoque dependería, en parte, del ciclo del combustible específico y del número de instalaciones que se han de inspeccionar.

La reformulación de los requisitos de las metas de oportunidad del OIEA —mediante la utilización de tecnología avanzada y/o mediante la acumulación de garantías respecto de la ausencia de actividades no declaradas (especialmente la reelaboración o el enriquecimiento no declarados)— también proporcionaría una base para reducir los costos de la aplicación de las salvaguardias al material declarado en los ciclos del combustible de uranio natural y poco enriquecido.

Central nuclear de Leibstadt en Suiza.

